

# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

### **Implantes Cocleares Bilaterais vs Unilaterais**

Miguel Ângelo Felício Ramalho



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

### **Implantes Cocleares Bilaterais vs Unilaterais**

Miguel Ângelo Felício Ramalho

**Orientado por:**

Dr. Marco Alveirinho Simão

---

**Maio'2018**

### Resumo

A surdez sensorineural apresenta um grande impacto na vida da população afetada, com consequências a nível linguístico, cognitivo, emocional e de desenvolvimento social que contribuem para uma diminuição da qualidade de vida. Atualmente, a implantação coclear é a melhor solução para aumentar a capacidade auditiva e a qualidade de vida. Apesar de existirem registos de estimulação elétrica do sistema auditivo há mais duzentos anos, a investigação dos implantes cocleares apenas começou a ser efetivamente realizada há cerca de 60 anos e apenas há cerca de 40 anos os implantes cocleares começaram a ser aceites pela comunidade científica. Desde então os implantes cocleares unilaterais tornaram-se o tratamento padrão; contudo, começou a ser colocada a hipótese de a implantação coclear bilateral poder ser superior à unilateral. A implantação coclear bilateral revelou-se superior na localização de sons, na perceção do discurso, no aumento da qualidade de vida e também no desenvolvimento escolar das crianças. Em relação ao custo-efetividade os resultados obtidos diferem entre estudos; apesar de possivelmente poderem ser custo-efetivos, principalmente nas crianças, não é possível classificar com clareza a relação de custo-efetividade. No entanto, estratégias que diminuam os custos da implantação poderão futuramente favorecer o custo-efetividade. Além disso, existem atualmente várias tecnologias que têm sido alvo de investigação com o objetivo de aumentar os benefícios da implantação coclear.

**Palavras-chave:** implantes cocleares; implantação bilateral; implantação unilateral; custo-efetividade

### Abstract

Sensorineural deafness greatly impacts the life of the affected population. It has linguistic, cognitive, emotional and social consequences, which contributes to a worse quality of life. Cochlear implantation is currently the best solution by improving hearing abilities and quality of life. Although records with over two hundred years show studies of electrical stimulation of the auditory system, cochlear implant research only began around 60 years ago and scientific community only accepted them about 40 years ago. Since then unilateral cochlear implants have become the standard treatment, but with time it began to be questioned if bilateral implantation would be better than unilateral implantation. Bilateral cochlear implantation showed improvements in localization of sounds, speech perception, quality of life and school development of children. Regarding cost-effectiveness, the results differ between studies and although they may be cost-effective, especially in children, it isn't possible to clearly classify their cost-effectiveness. In future, strategies that reduce implantation costs may favour cost-effectiveness. Furthermore, there are currently several technologies under research with the objective to increase the benefits of cochlear implantation.

**Keywords:** cochlear implants; bilateral implantation; unilateral implantation; cost-effectiveness

O Trabalho Final exprime a opinião do autor e não da FML

## Índice

1. Introdução.....	5
2. História dos Implantes Cocleares .....	6
3. Princípios dos Implantes Cocleares .....	6
4. Implantes Cocleares Bilaterais vs Unilaterais .....	7
4.1.Implantes Cocleares Bilaterais vs Unilaterais em Crianças .....	8
5. Implantes Cocleares Bilaterais: Simultâneos vs Sequenciais .....	9
6. Custo-Efetividade dos Implantes Cocleares Bilaterais.....	10
6.1. Custo-efetividade dos implantes cocleares bilaterais vs unilaterais em adultos.....	11
6.2. Custo-efetividade dos implantes cocleares bilaterais vs unilaterais em crianças .....	12
7. Perspetivas Futuras .....	12
8. Conclusão .....	13
9. Agradecimentos.....	13
10. Bibliografia.....	14

### 1. Introdução

Uma grande percentagem da população mundial apresenta défices auditivos. Segundo a *Organização Mundial de Saúde*, cerca de 32 milhões de crianças e 360 milhões de pessoas no total têm perda auditiva incapacitante.<sup>1</sup> A surdez pode ser classificada como central, se existir um deficiente processamento a nível central, ou como periférica. As causas periféricas dividem-se em surdez de condução quando causada por comprometimento do ouvido externo ou médio e em surdez sensorineural quando causadas por disfunção da cóclea ou do gânglio espiral. Os implantes cocleares são utilizados no tratamento da surdez sensorineural.<sup>2</sup>

As principais causas de surdez sensorineural infantil são: genéticas, que podem manifestar-se com perda auditiva à nascença ou desenvolver-se ao longo da vida; infecciosas, como infeções virais no período pré-natal ou meningites no período pós-natal; ototóxicas, induzidas através de exposição a substâncias químicas.<sup>3</sup> Nos adultos as principais causas são ototoxicidade, otosclerose, trauma e doenças autoimunes. Nos idosos a causa mais comum é a presbiacusia.<sup>4</sup>

A surdez sensorineural severa a profunda tem um grande impacto na vida dos doentes. No caso das crianças pode apresentar consequências a nível linguístico, cognitivo, emocional e de desenvolvimento social. A incapacidade de manifestar as vontades e necessidades pode empobrecer a relação que a criança tem com os restantes membros da família. Na escola apresentam mais problemas de comportamento e têm desempenho académico inferior aos colegas.<sup>5</sup> Quanto aos adultos, estudos realizados indicam que o défice auditivo pode ter um efeito adverso na qualidade de vida. As dificuldades causadas podem culminar em isolamento e perda de confiança, com diminuição da participação em atividades sociais, alterações da capacidade cognitiva e redução da estimulação cultural e intelectual.<sup>5,6</sup>

Os implantes cocleares são uma prótese cirurgicamente implantável para tratamento de doentes com surdez sensorineural de grau severo (71-90dB) a profundo (> 90dB).<sup>7</sup> São uma técnica segura e a taxa de complicações graves é relativamente baixa.<sup>3</sup> Estimativas realizadas em Dezembro de 2012 indicavam que já tinham sido implantados até à data aproximadamente 320.000 implantes cocleares a nível mundial.<sup>8</sup> Os implantes cocleares melhoram a capacidade auditiva, a compreensão do discurso e aumentam a qualidade de vida dos doentes. Além disso, podem ainda reduzir os casos de acufenos e diminuir as comorbilidades psicológicas, como o stress, ansiedade ou depressão.<sup>9</sup>

Inicialmente, os implantes cocleares eram apenas realizados unilateralmente; no entanto, começou a ser colocada a hipótese da implantação coclear bilateral poder ser vantajosa face à unilateral, o que incentivou a realização de vários estudos. Posteriormente, surgiram dúvidas que têm

motivado novos estudos relativamente ao custo-efetividade dos implantes cocleares bilaterais.<sup>10</sup> É principalmente nesta comparação entre implantes cocleares bilaterais e implantes cocleares unilaterais que este trabalho se foca, abordando também um pouco da história e princípios de funcionamento dos implantes, assim como as perspectivas futuras.

### **2. História dos Implantes Cocleares**

O conceito de estimulação elétrica do sistema auditivo já existe há mais de duzentos anos. Em 1790, Alessandro Volta, que foi também o criador da pilha voltaica, realizou a primeira estimulação elétrica do sistema auditivo que se encontra documentada. Alessandro Volta aplicou uma carga voltaica nos próprios ouvidos resultando na percepção de estímulos auditivos que descreveu como “estalidos” ou “bolhas”.<sup>11,12</sup>

Em 1957, Djourno e Eyries implantaram um aparelho num paciente que lhe permitiu desenvolver o reconhecimento de sons e de palavras simples durante poucos meses até ocorrer uma avaria do dispositivo.<sup>11,12,13</sup> William House, em 1961, colocou implantes cocleares em dois doentes; apesar dos implantes terem de ser removidos após algum tempo, os resultados foram promissores.<sup>11,12</sup> Nos anos seguintes, várias experiências semelhantes foram realizadas apesar de terem sido mal recebidas pela maioria da comunidade científica. Em 1977, um relatório pedido pelo *National Institute of Health* avaliou os doentes sujeitos a colocação de implantes e concluiu que os implantes eram benéficos ao auxiliarem na leitura de lábios e na identificação de sons comuns. Este relatório mudou a perspetiva da comunidade científica e os implantes cocleares começaram a receber mais apoio para a sua pesquisa e desenvolvimento.<sup>11,14</sup>

Vários avanços na tecnologia dos implantes cocleares foram realizados, destacando-se o desenvolvimento de implantes cocleares com um sistema de multicanais, por Graeme Clark e realizado pela primeira vez em 1978. Este sistema melhorou muito a capacidade de reconhecimento de palavras.<sup>11,15</sup>

### **3. Princípios dos Implantes Cocleares**

Os implantes cocleares restauram parcialmente a audição ao converter a energia acústica num sinal elétrico que é usado para estimular diretamente as fibras do nervo auditivo que se encontram presentes e que sobreviveram à ausência de estimulação por parte das células ciliadas.<sup>16</sup>

Os implantes cocleares são constituídos por uma componente externa e outra interna. O dispositivo externo é usado atrás do pavilhão auricular e incorpora um ou mais microfones que são responsáveis por receber o som, um processador de som que codifica o sinal recebido e um

transmissor que transmite o sinal processado através da pele usando sinais de radiofrequência para um recetor que se encontra implantado subcutaneamente. O recetor descodifica o sinal e envia-o através de eléctrodos individuais para uma matriz de multicanais intracoclear, estimulando assim as fibras nervosas do gânglio espiral que, por sua vez, transmitem o sinal gerado através do nervo auditivo para processamento central.<sup>11,16</sup>

### **4. Implantes Cocleares Bilaterais vs Unilaterais**

Os estudos que comparam os implantes cocleares bilaterais com os unilaterais descrevem que os implantes bilaterais apresentam vantagens em relação aos unilaterais. Pessoas com implantes cocleares bilaterais apresentam melhor capacidade de localização de sons, sendo mais facilmente capazes de identificar as direcções de onde os sons são produzidos, habilidade que é quase nula com implantes cocleares unilaterais. Apresentam também melhor percepção do discurso tanto em ambientes calmos como em ambientes ruidosos, quer o ruído e o discurso venham da mesma direcção quer de direcções diferentes.<sup>7,17,18</sup>

Estas vantagens são obtidas através de vários mecanismos. Ao existir uma estimulação bilateral, as diferenças de tempo e de intensidade com que a informação é recebida em cada ouvido fornecem pistas ao cérebro que permitem localizar num plano horizontal qual o local da fonte do som.<sup>17</sup> A estimulação dos dois ouvidos permite que seja também usada a sombra acústica da cabeça. Neste efeito puramente físico, a cabeça e os ombros atuam como uma barreira acústica ao diminuir a intensidade do som que chega ao ouvido contralateral em relação à fonte do som. Este efeito é mais efetivo para sons de altas frequências do que para sons de baixas frequências, podendo atenuar cerca de 10 dB os sons de alta frequência. Em casos de múltiplas fontes de som em diferentes localizações, a relação sinal-ruído pode ser mais favorável num dos ouvidos devido à sombra acústica. Pessoas com implantes cocleares bilaterais poderão dar prioridade ao sinal recebido pelo ouvido com melhor relação sinal-ruído, melhorando assim a sua capacidade para perceber discursos em ambientes que apresentem ruídos.<sup>18</sup>

O “squelch effect” refere-se à capacidade do sistema auditivo central utilizar as diferenças de sinal entre cada ouvido, como o tempo ou a intensidade, para reproduzi-lo com a melhor relação sinal-ruído possível, tentando suprimir os sons indesejáveis e focar no sinal pretendido.<sup>18,19</sup>

A “binaural summation” é um processo em que o som é percebido com uma intensidade aumentada quando ambos os ouvidos recebem um sinal semelhante entre eles. Este efeito melhora a percepção do discurso em ambientes calmos ou ruidosos.<sup>18,20</sup>

Além dos efeitos já referidos, a estimulação bilateral pode ajudar a preencher falhas de frequências que podem existir devido a uma irregular sobrevivência das células do gânglio espiral ao longo da cóclea. A incapacidade para enviar determinada frequência ao sistema nervoso central pode ser parcialmente compensada pela estimulação dos neurónios sobreviventes que estejam presentes no ouvido contralateral para essa mesma frequência.<sup>17</sup>

Implantação bilateral garante ainda que o melhor ouvido recebe implante, não correndo o risco de colocar implante coclear apenas no ouvido que se encontre pior e que por esse motivo não beneficie tanto da implantação.<sup>17</sup>

Graças às vantagens referidas, os adultos com implantação coclear bilateral apresentam melhores resultados a nível de localização de sons, perceção do discurso em ambiente calmo ou ruidoso e melhor qualidade de vida.<sup>7</sup>

### **4.1.Implantes Cocleares Bilaterais vs Unilaterais em Crianças**

As crianças, pelas suas características particulares, como por exemplo a surdez ocorrer maioritariamente numa fase em que ainda não foram adquiridas capacidades linguísticas, merecem uma abordagem mais aprofundada.

Os benefícios já referidos anteriormente também são observados nas crianças. Crianças com implantes cocleares bilaterais apresentam melhor localização do som e melhor perceção do discurso em ambiente calmo ou ruidoso. Estas vantagens são verificadas quer em testes quer em inquéritos realizados aos pais.<sup>21</sup>

A performance escolar das crianças com surdez sensorineural severa a profunda é em geral inferior à das crianças sem problemas auditivos. No entanto, as crianças do ensino básico com implantes cocleares podem alcançar capacidades escolares semelhantes às das crianças sem diminuição da capacidade auditiva. Os implantes cocleares bilaterais apresentaram benefícios significativos a nível de matemática, linguagem oral e linguagem escrita, quando comparados com os implantes cocleares unilaterais.<sup>22</sup> As vantagens observadas são mais evidentes quando a implantação ocorre precocemente.<sup>22,23,24,25</sup>

Os melhores resultados em termos de qualidade de vida são observados quando a implantação é realizada antes dos 18 meses de vida.<sup>24</sup> Nas crianças com surdez sensorineural bilateral severa a profunda, a implantação coclear precoce e bilateral apresenta melhores resultados uma vez que diminui a duração da privação de estímulos auditivos e maximiza as potenciais vantagens da plasticidade do sistema auditivo numa fase precoce de vida. O objetivo da implantação precoce e



bilateral é promover o processamento auditivo através dos dois ouvidos. Por exemplo, nas crianças com audição normal as capacidades de audição binaural são normalmente adquiridas muito cedo e aos 6 meses de vida são já capazes de localizar sons e virar a cabeça de acordo com a direção do som.<sup>25</sup>

### **5. Implantes Cocleares Bilaterais: Simultâneos vs Sequenciais**

A questão que se segue à conclusão de que os implantes cocleares bilaterais são superiores aos unilaterais é de que modo devem ser implantados para maximizar as suas vantagens.

Os estudos realizados com crianças apresentam resultados que favorecem a implantação simultânea. As crianças com implantação coclear bilateral simultânea apresentam capacidades de percepção do discurso e do desenvolvimento de linguagem superiores quando comparadas às crianças cuja implantação ocorre de uma forma sequencial.<sup>26,27,28</sup> Um dos principais motivos para a diferença de resultados entre os implantes simultâneos e os sequenciais, pensa-se que seja a falta de estimulação que existe num dos lados quando se opta pela implantação sequencial. O lado que não é escolhido para a colocação do primeiro implante apenas será estimulado quando o segundo implante for colocado. Estudos revelam que um intervalo prolongado entre a implantação pode ter um impacto negativo na maturação do tronco cerebral no lado que não recebeu implante, o que pode levar a diferenças de tempo na estimulação entre os dois lados. Consequentemente, o lado implantado em primeiro lugar conduz a informação elétrica ao longo do sistema nervoso auditivo mais rapidamente do que o lado implantado posteriormente.<sup>29</sup> A tendência ao longo do tempo é para que a diferença de latência diminua e quando o intervalo entre realização dos implantes é inferior a 12 meses esta assimetria deixa de ser evidente, não sendo ainda claro se nestes casos a performance a longo prazo difere da implantação simultânea. Quando a implantação ocorre com um intervalo superior a 12 meses esta discrepância entre lados persiste no tempo e pode não desaparecer.<sup>24,30</sup> Esta assimetria entre os dois lados não é observada com a implantação simultânea.<sup>29,31</sup>

A implantação simultânea apresenta ainda outras vantagens que não se encontram diretamente relacionadas com o desenvolvimento das capacidades das crianças. Ao optar-se pela colocação simultânea, evita-se que a criança tenha de ser sujeita a outra intervenção para colocação do segundo implante, evita novo internamento hospitalar, diminui o número de consultas pós-cirurgia e diminui os custos para colocação dos dois implantes cocleares.<sup>24,30</sup> Além disso, não se observaram na cirurgia para colocação simultânea diferenças a nível de incidência ou tipo de complicações, tempo de internamento e uso de analgésicos ou antieméticos, quando comparada com a cirurgia para colocação de implante unilateral.<sup>32</sup>

Apesar da implantação bilateral ser mais benéfica, existem muitas crianças que apenas realizaram implantação unilateral. A implantação bilateral como padrão no tratamento da surdez severa a profunda é recente e o início da sua realização variou entre os países que já aderiram. Assim, a nível global, muitas crianças têm apenas implante unilateral porque era a prática corrente aquando da sua implantação. Outra das razões é a recusa dos pais em relação à implantação bilateral. Os motivos mais frequentes são preocupações com o aspeto dos filhos com dois implantes, não aceitarem que o filho necessita de dois implantes ou quererem “poupar” um dos ouvidos na eventualidade de surgirem melhores tecnologias.<sup>30,33</sup>

A implantação sequencial torna-se muito importante nos casos em que por algum motivo as crianças apenas tenham implante unilateral, pois continua a apresentar vantagens em relação à permanência com um implante apenas. Os estudos realizados revelam benefícios na compreensão do discurso com um segundo implante, mesmo quando realizado após um longo período de surdez nesse ouvido e de um intervalo longo entre implantes.<sup>34</sup> Um dos estudos indica que, quando o segundo implante é realizado até aos treze anos de idade, ainda se verifica um reconhecimento de palavras relativamente bom, apesar de dever realizar-se o mais cedo possível para melhores resultados.<sup>33</sup>

Nos adultos não existe a discrepância de resultados observada nas crianças. Quando comparadas um ano após a realização da implantação, a implantação sequencial apresenta os mesmos benefícios que a implantação simultânea a nível de compreensão do discurso e localização de sons. O único parâmetro que parece ser superior na implantação simultânea, quando avaliado após três anos, é a perceção do discurso em ambiente ruidoso. Ambos os casos se mostraram superiores à implantação unilateral.<sup>35</sup>

### **6. Custo-Efetividade dos Implantes Cocleares Bilaterais**

Após os resultados que demonstraram a superioridade dos implantes bilaterais, tornou-se importante avaliar o seu custo-efetividade para perceber se as vantagens eram suficientes para compensar os custos económicos acrescidos.

Estudos relativos à implantação coclear unilateral apresentam resultados concordantes e afirmam que é uma opção com boa relação custo-efetividade independentemente da idade.<sup>36</sup> Quanto à implantação coclear bilateral, quando comparada com utilização exclusiva de próteses auditivas são considerados custo-efetivos.<sup>37,38</sup> No entanto, quando comparados com implantes cocleares unilaterais, os estudos realizados ao longo das últimas duas décadas apresentaram resultados variáveis quer em crianças quer em adultos. Estas discrepâncias entre resultados ocorre devido à variação de diversos fatores como por exemplo: população estudada; diferentes métodos para

quantificar os benefícios; implantação com diferentes custos entre países; ou valores limite de custo-efetividade diferentes.<sup>36</sup>

### 6.1. Custo-efetividade dos implantes cocleares bilaterais vs unilaterais em adultos

Em 2002, *Summerfield et al* publicaram um dos primeiros estudos que comparou o custo-efetividade de implantação bilateral vs unilateral. Os resultados obtidos foram ICER (*Incremental Cost-Effectiveness Ratio*) de 61.734£/QALY para implantação simultânea e de 68.916£/QALY para implantação sequencial. Estes resultados representam o custo extra por cada QALY ganho pela implantação coclear bilateral em relação à implantação coclear unilateral. Os resultados apresentados favoreciam a implantação coclear unilateral.<sup>39</sup> Em 2006, *Summerfield et al* publicaram novo estudo que considerava que, mesmo no melhor cenário possível, a qualidade de vida ganha pela implantação bilateral era demasiado pequena para alcançar um custo-efetividade aceitável.<sup>40</sup>

Em 2008, *Bichey et al*, num estudo em que juntaram crianças e adultos, foram dos primeiros a considerar a implantação coclear bilateral custo-efetiva em relação à unilateral.<sup>41</sup>

Em 2009, *Bond et al* obtiveram resultados de ICER de 49.559£/QALY para implantação bilateral simultânea e 60.301£/QALY para implantação bilateral sequencial. Apesar dos autores revelarem um elevado grau de incerteza, concluíram que era improvável que a implantação coclear bilateral fosse custo-efetiva.<sup>7</sup>

Em 2014, *Chen et al* obtiveram um resultado “borderline” que considerava os implantes bilaterais não custo-efetivos. Contudo, referiam que com cenários que refletissem melhor os ganhos a longo prazo ou com medidas que diminuíssem os custos, os implantes bilaterais passariam a ter um resultado considerado custo-efetivo.<sup>42</sup>

Para se perceber a importância do método escolhido, *Kuthubutheen et al* publicaram em 2015 um estudo em que se compararam quatro métodos diferentes para definir a utilidade conferida pelos implantes. Quando se comparou a implantação bilateral vs unilateral, os resultados variaram consoante o método utilizado entre ICER de 16.047\$/QALY a 55.020\$/QALY. A escolha do método afeta drasticamente os resultados e deve-se ter cuidado na sua escolha para se determinar se os implantes cocleares bilaterais são custo-efetivos ou não. De referir ainda que neste estudo três dos métodos apresentaram um resultado custo-efetivo e apenas um dos métodos considerava a implantação coclear bilateral não custo-efetiva, mas por uma curta margem.<sup>43</sup>

Tendo em conta estes estudos, não é claro se os implantes cocleares bilaterais são custo-efetivos em adultos. No entanto, estratégias que reduzam o número de consultas subsequentes à implantação

ou tecnologias que permitam ao doente adaptar-se mais rapidamente ao implante coclear são exemplos de medidas que, por reduzirem os custos associados, poderão favorecer a implantação coclear bilateral ao influenciar a relação custo-efetividade.<sup>37,38</sup>

### 6.2. Custo-efetividade dos implantes cocleares bilaterais vs unilaterais em crianças

Como referido anteriormente, *Bichey et al* consideraram em 2008 os implantes cocleares custo-efetivos num estudo que juntou crianças e adultos.<sup>41</sup>

*Bond et al* em 2009 obtiveram resultados de ICER de 40.410€/QALY para implantação bilateral simultânea e 54.098€/QALY para implantação bilateral sequencial. Devido aos valores obtidos, consideraram improvável que a implantação coclear bilateral fosse custo-efetiva; porém, referem um elevado grau de incerteza em relação ao modelo e parâmetros usados.<sup>7</sup>

*Summerfield et al* em 2010 consideraram a implantação coclear bilateral possivelmente custo-efetiva.<sup>44</sup>

*Pérez-Martín et al* em 2017, num estudo realizado em Espanha, obtiveram um ICER de 10.323€/QALY para os implantes bilaterais simultâneos e de 11.733€/QALY para os bilaterais sequenciais. Este estudo refere que a implantação bilateral simultânea é claramente custo-efetiva assim como a implantação sequencial desde que com intervalos curtos. Para implantação sequencial com intervalos longos os benefícios vão decrescendo e não conseguiram determinar quando deixariam de ser custo-efetivos.<sup>45</sup>

Tendo em conta estes estudos, a implantação bilateral em crianças parece poder ser custo-efetiva, principalmente quando realizada simultaneamente; no entanto, devido ao elevado grau de incerteza existente, continuam a ser necessários estudos que permitam fazer uma análise o mais correta possível do custo-efetividade.

## 7. Perspetivas Futuras

A implantação coclear bilateral apresenta vários benefícios e proporciona um aumento da qualidade de vida. No entanto, os utilizadores dos implantes quando comparados com pessoas com capacidade auditiva normal apresentam mais dificuldades em localizar sons, em perceber discurso em condições adversas ou ainda em perceber e utilizar a entoação das frases corretamente.<sup>46,47,48</sup>

Apesar do seu enorme impacto na vida dos doentes, ainda existe uma grande margem de progresso para aumentar os benefícios conferidos pelos implantes cocleares. Como tal, têm surgido várias investigações nesta área. Implantes cocleares totalmente implantados, programação remota dos implantes cocleares, neuroproteção através de novos fármacos e de novos meios de os

transportar ao local de atuação, colocação de elétrodos a nível intraneural, estimulação eletroacústica e métodos que melhorem a interação entre os elétrodos e as fibras nervosas são alguns exemplos de inovações que têm sido alvo de investigação. É provável que no futuro novas tecnologias que apresentem mais benefícios comecem a ser implementadas.<sup>11</sup>

### **8. Conclusão**

Os implantes cocleares bilaterais apresentam vantagens em relação aos unilaterais ao permitir a localização de sons, ao melhorar a perceção do discurso, ao aumentar a qualidade de vida e, no caso das crianças, ao beneficiar o seu desenvolvimento escolar. Nas crianças a implantação simultânea deve ser a preferida para que se obtenha o maior benefício possível.

A grande dúvida existente é ao nível do custo-efetividade e os resultados obtidos em diferentes estudos não são consensuais. A implantação coclear bilateral apresenta melhores resultados de custo-efetividade quando realizada simultaneamente e as crianças apresentam em geral melhor relação de custo-efetividade que os adultos. No entanto, tendo em conta os estudos existentes não é possível afirmar com clareza se são ou não custo-efetivos. Para se poder fazer uma análise o mais correta possível do custo-efetividade, parece ser necessário realizar estudos mais aprofundados que caracterizem bem os custos associados à implantação e os benefícios dos doentes a nível de saúde, bem-estar e contributo para a sociedade. Estratégias que diminuam os custos da implantação no futuro poderão favorecer o custo-efetividade. Além disso, têm sido investigadas várias tecnologias que poderão apresentar mais benefícios.

### **9. Agradecimentos**

À Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa pela minha formação.

Ao Prof. Doutor Óscar Dias pelo entusiasmo com que fui recebido e pela disponibilidade permanente ao longo da execução deste trabalho.

Ao Dr. Marco Simão, orientador deste trabalho, pela sua receptividade e disponibilidade.

Aos meus familiares, amigos e namorada pelo seu apoio.

## 10. Bibliografia

1. World Health Organization. Deafness and hearing loss. Disponível em: [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/). Acedido em: 18 de Fevereiro de 2018.
2. Cunningham LL, Tucci DL. Hearing Loss in Adults. The New England Journal of Medicine. 2017; 377:2465-2473.
3. Theunisse HJ, Pennings RJE, Kunst HPM, et al. Risk factors for complications in cochlear implant surgery. European Archives of Otorhinolaryngology. 2018; 275:895-903.
4. Raman G, Lee J, Chung M, et al. Effectiveness of Cochlear Implants in Adults with Sensorineural Hearing Loss. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US). 2011 Jun 17.
5. Bond M, Mealing S, Anderson R, et al. The effectiveness and cost-effectiveness of cochlear implants for severe to profound deafness in children and adults: a systematic review and economic model. Health Technology assessment. 2009; 13:1-330.
6. Arlinger S. Negative consequences of uncorrected hearing loss – a review. International Journal of Audiology. 2003; 42:2517-2520.
7. Kral A, O'Donoghue GM. Profound Deafness in Childhood. The New England Journal of Medicine. 2010; 363:1438-1450.
8. National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (NIDCD). Cochlear Implants. Disponível em: <https://www.nidcd.nih.gov/health/cochlear-implants>. Acedido em: 18 de Fevereiro de 2018.
9. Olza H, Szczepek AJ, Haupt H, et al. Cochlear implantation has a positive influence on quality of life, tinnitus, and psychological comorbidity. Laryngoscope. 2011; 121:2220-2227.
10. Yawn R, Hunter JB, Sweeney AD, et al. Cochlear Implantation: A biomechanical prosthesis for hearing loss. F1000 Prime Reports. 2017; 7:45.
11. Roche JP, Hansen MR. On the Horizon: Cochlear implant technology. Otolaryngologic Clinics of North America. 2015; 48:1097-1116.
12. Ramsden RT. History of cochlear implantation. Cochlear Implants International. 2013;14:3-5.

13. Eisen MD. Djourno, Eyries, and the first implanted electrical neural stimulator to restore hearing. *Otology & Neurotology*. 2013; 24:500-506.
14. Eshraghi AA, Nazarian R, Telischi FF, et al. The cochlear implant: historical aspects and future prospects. *Anatomical Record (Hoboken)*. 2012; 295:1967-1980.
15. Clark GM, Tong YC, Martin LF. A multiple-channel cochlear implant: an evaluation using open-set CID sentences. *Laryngoscope*. 1981; 91:628-634.
16. Carlson ML, Driscoll CL, Gifford RH, et al. Cochlear implantation: current and future device options. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2012; 45:221-248.
17. Wilson BS, Dorman MF. Cochlear implants: current designs and future possibilities. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2008; 45:695-730.
18. Wilson BS, Lawson DT, Muller JM, et al. Cochlear implants: some likely next steps. *Annual Review of Biomedical Engineering*. 2003; 5:207-249.
19. D'Alessandro HD, Sennaroglu G, Yugel E, et al. Binaural squelch and head shadow effects in children with unilateral cochlear implants and contralateral hearing aids. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*. 2015; 35:343-349.
20. BalKany TJ, Zeitler DM. (2013) Binnaural Summation. Em: Kountakis S.E. (eds) *Encyclopedia of Otolaryngology, Head and Neck Surgery*. Springer, Berlin, Heidelberg.
21. Asp F, Maki-Torkko E, Karltorp E, et al. Bilateral versus unilateral cochlear implants in children: speech recognition, sound localization, and parental reports. *International Journal of Audiology*. 2012; 51:817-832.
22. Sarant J, Harris D, Bennet L. Academic outcomes for school-aged children with severe-profound hearing loss and early unilateral and bilateral cochlear implants. *Journal of Speech Language and Hearing Research*. 2015; 58:1017-1032.
23. Sarant J, Harris D, Bennet L, et al. Bilateral versus unilateral cochlear implants in children: a study of spoken language outcomes. *Ear and Hearing*. 2014; 35:396-409.
24. Semenov YR, Yeh ST, Seshamani M, et al. Age-dependent cost-utility of pediatric cochlear implantation. *Ear and Hearing*. 2013; 34:402-412.

25. Ramsden JD, Gordon K, Aschendorff A, et al. European bilateral pediatric cochlear implant fórum consensus statement. *Otology & Neurotology*. 2012; 33:561-565.
26. Lammers MJ, Venekamp RP, Grolman W, et al. Bilateral cochlear implantation in children and the impact of the inter-implant interval. *Laryngoscope*. 2014; 124:993-999.
27. Boons T, Brokx JP, Frijns JH, et al. Effect of pediatric bilateral cochlear implantation on language development. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*. 2012; 166:28-34.
28. Chadha NK, Papsin BC, Jiwani S, et al. Speech detection in noise and spatial unmasking in children with simultaneous versus sequential bilateral cochlear implants. *Otology & Neurotology*. 2011; 32:1057-1064.
29. Gordon KA, Valero J, van Hoesel R, et al. Abnormal timing delays in auditory brainstem responses evoked by bilateral cochlear implant use in children. *Otology & Neurotology*. 2008; 29:193-198.
30. Santa Maria PL, Oqhalai JS. When is the best timing for the second implant in pediatric bilateral cochlear implantation. *Laryngoscope*. 2014; 124:1511-1512.
31. Gordon KA, Valero J, Papsin BC. Auditory brainstem activity in children with 9-30 months of bilateral cochlear implant use. *Hearing Research*. 2007; 233:97-107.
32. Ramsden JD, Papsin BC, Leung R, et al. Bilateral simultaneous cochlear implantation in children: our first 50 cases. *Laryngoscope*. 2009; 119:2444-2448.
33. Park HJ, Lee JY, Yang CJ, et al. What is the sensitive period to initiate auditory stimulation for the second ear in sequential cochlear implantation?. *Otology & Neurotology*. 2018; 39:177-183.
34. Bianchin G, Tribi L, Formigoni P, et al. Sequential pediatric bilateral cochlear implantation: The effect of time interval between implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2017; 102:10-14.
35. Kraaijenga VJC, Ramakers GGJ, Smulders YE, et al. Objective and subjective measures of simultaneous vs sequential bilateral cochlear implants in adults: A randomized clinical trial. *JAMA Otolaryngology – Head & Neck Surgery*. 2017; 143:881-890.



36. Crowson MG, Semenov YR, Tucci DL, et al. Quality of life and cost-effectiveness of cochlear implants: a narrative review. *Audiology & Neuro-otology*. 2017; 22:236-258.
37. Foteff C, Kennedy S, Milton AH, et al. Cost-utility analysis of cochlear implantation in australian adults. *Otology & Neurotology*. 2016; 37:454-461.
38. Foteff C, Kennedy S, Milton AH, et al. Economic evaluation of treatments for pediatric bilateral severe to profound sensorial hearing loss: An australian perspective. *Otology & Neurotology*. 2016; 37:462-469.
39. Summerfield AQ, Marshall DH, Barton GR, et al. A cost-utility scenario analysis of bilateral cochlear implantation. *Archives of Otolaryngology – Head & Neck Surgery*. 2002; 128:1255-1262.
40. Summerfield AQ, Barton GR, Toner J, et al. Self-reported benefits from successive bilateral cochlear implantation in post-lingually deafened adults: randomised controlled trial. *International Journal of Audiology*. 2006; 45:99-107.
41. Bichey BG, Miyamoto RT. Outcomes in bilateral cochlear implantation. *Otolaryngology – Head & Neck Surgery*. 2008; 138:655-661.
42. Chen JM, Amoodi H, Mittmann N. Cost-utility analysis of bilateral cochlear implantation in adults: a health economic assessment from the perspective of a publicly funded program. *Laryngoscope*. 2014; 124:1452-1458.
43. Kuthubutheen J, Mittmann N, Amoodi H, et al. The effect of different utility measures on the cost-effectiveness of bilateral cochlear implantation. *Laryngoscope*. 2015; 125:442-447.
44. Summerfield AQ, Lovett RE, Bellenger H, et al. Estimates of the cost-effectiveness of pediatric bilateral cochlear implantation. *Ear and Hearing*. 2010; 31:611-624.
45. Pérez-Martín J, Artaso MA, Díez FJ. Cost-effectiveness of pediatric bilateral cochlear implantation in Spain. *Laryngoscope*. 2017; 127:2866-2872
46. Zheng Y, Koehnke J, Besing J. Combined effects of noise and reverberation on sound localization for listeners with normal hearing and bilateral cochlear implants. *American Journal of Audiology*. 2017; 26:519-530.

47. Taitelbaum-Swead R, Fostick L. Audio-visual speech perception in noise: implanted children and young adults versus normal hearing peers. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2017; 92:146-150.
48. Moein N, Khoddami SM, Shahbodaghi MR. A comparison of speech intonation production and perception abilities of farsi speaking cochlear implanted and normal hearing children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2017; 101:1-6.